

M-209

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

4 - 8471

МАЛЫШКИН
Владимир Георгиевич

МОДЕЛИ СИЛЬНЫХ И СЛАБЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Специальность 01.04.02 - математическая
и теоретическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1974

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители: доктор физико-математических наук
Г.В.ЕФИМОВ,
заведующий кафедрой теоретической и ядерной
физики СГУ, профессор А.С.ШЕХТЕР

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
В.А.МЕЩЕРЯКОВ
кандидат физико-математических наук
В.А.ПЕТРУНЬКИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий, Серпухов

Автореферат разослан " " 197 г.
Защита диссертации состоится " " 197 г. на
заседании Ученого Совета Лаборатории теоретической физики Объеди-
ненного института ядерных исследований, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета Р.А.АСАНОВ

МАЛЫШКИН
Владимир Георгиевич

МОДЕЛИ СИЛЬНЫХ И СЛАБЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Специальность 01.04.02 - математическая
и теоретическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

В последнее время в изучении неренормируемых взаимодействий усилиями нескольких групп теоретиков достигнут определенный прогресс. Исследования ведутся в двух основных направлениях. С одной стороны, предпринимаются попытки построения ренормируемых вариантов теории сильных и слабых взаимодействий^{/1/}. С другой стороны, разрабатываются математические методы, позволяющие корректно обращаться с лагранжианами неренормируемого типа.

Диссертация посвящена анализу ряда физических моделей, связанных с последним направлением.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении кратко обсуждаются существующие модели сильных и слабых взаимодействий.

В первой главе приводятся основные результаты нелокальной модели слабых и электромагнитных взаимодействий (В изложении мы следуем работам^{/2, 3/} Г.В.Ефимова и сотрудников). Главной идеей модели является идея о нелокальном характере взаимодействия нейтральных частиц с заряженными токами.

Введение нелокальности в теорию приводит эффективно к тому, что при построении коэффициентных функций S -матрицы в ряду теории возмущений изменяются пропагаторы нейтральных полей. Например, для нейтрино

$$\frac{1}{\hat{p}} \rightarrow \frac{V(-p^2 \ell_V^2)}{\hat{p}}$$

Здесь $V(-p^2 \ell_V^2)$ - формфактор, описывающий область нелокального взаимодействия, а параметр ℓ_V - элементарная длина, характеризующая размеры этой области.

Хотя появление формфактора в пропагаторах нейтральных частиц означает явное введение функционального произведения в определении S - матрицы, схема в целом не теряет своей ценности. В рамках нелокальной теории удается строго математически доказать выполнение таких фундаментальных принципов, как унитарность, причинность, релятивистская и градиентная инвариантность, что позволяет считать ее одной из наиболее общих возможностей корректного описания перенормируемых взаимодействий, совместимого со всеми требованиями квантовой теории поля.

Рассмотрению физических следствий нелокальной модели слабых и электромагнитных взаимодействий посвящена глава II.

Основная трудность, возникающая при сравнении результатов расчета в рамках этой модели с данными эксперимента, обусловлена произволом, имеющимся в модели. Напомним, что произвол подобного подхода - это:

- 1) произвол в выборе двух констант, связанных с регуляризацией заряженных циклов;
- 2) функциональный произвол в выборе нелокального формфактора;
- 3) произвол, связанный с величиной "затравочной" константы связи нейтрин-нейтринных взаимодействий, возникающих при проведении перенормировки модели.

Для того чтобы обойти перечисленные трудности, необходимо первоначально установить ограничения, диктуемые современным экспериментом, на такие параметры модели, как элементарная длина l_0 и константа связи h нейтрин-нейтринных взаимодействий. Анализ данных по проверке квантовой электродинамики в прецизионных экспериментах^{/4/}, а также спектра μ -распада с учетом ν - ν взаи-

модействий^{/5, 6/} позволил заключить, что

$$l_0 \geq 10^{-16} \text{ см} \quad \text{и} \quad h m_\nu^2 \leq (1.2+2.3) G \cdot 10^5.$$

Заметим, что последнее из приведенных ограничений на один-два порядка лучше существовавших прежде^{/7/} и хорошо согласуется с данными экспериментов^{/8/} по измерению h .

Далее показывается, что известная совокупность экспериментов по рассеянию нейтрино (антинейтрино) на электроны допускает объяснение в рамках нелокальной модели слабых и электромагнитных взаимодействий, при этом произвол подхода сводится к двум параметрам (элементарная длина и зарядовый радиус нейтрино), единым для всех экспериментов^{/9, 10/}.

Предсказываемое ограничение для сечения реакции $\bar{\nu}_\mu e \rightarrow \bar{\nu}_\mu e$

$$\sigma(\bar{\nu}_\mu e) \leq 0.25 \cdot 10^{-41} E_\nu \text{ см}^2/\text{электрон}$$

не противоречит последним данным^{/11/}

$$\sigma(\bar{\nu}_\mu e) \leq 0.88 \cdot 10^{-41} E_\nu \text{ см}^2/\text{электрон}$$

Таким образом, нелокальную модель слабых и электромагнитных взаимодействий можно считать феноменологической схемой, пригодной для описания высших порядков теории возмущений вплоть до энергий $E \approx 100$ Гэв и содержащей лишь два произвольных параметра.

В главе III проводится рассмотрение модели πN -взаимодействий с псевдовекторной связью. Основными недостатками этой модели, затрудняющими ее детальный анализ, являются: неперенормируемость модели и неприменимость теории возмущений даже для низкоэнергетических эффектов (поскольку константа связи велика).

В § 2 показано, как с помощью процедуры суммирования Редмонда-Боголюбова-Логунова-Ширкова^{/12/}, примененной к некоторому набору диаграмм для мезонной функции Грина, и последующей перегруппировки ряда теории возмущений, можно добиться перенормируемости модели^{/13/}.

С физической точки зрения указанная выше процедура соответствует частичному учету влияния рождения нуклон-антинуклонных пар. Однако этот эффект начинает сказываться при сравнительно больших энергиях. Для анализа же низкоэнергетических процессов в первую очередь необходимо учесть (хотя бы отчасти) влияние пионного облака нуклона. Эта задача решается в § 3 с помощью той же процедуры, но примененной к набору диаграмм для нуклонной функции Грина. В § 4, 5 в рамках предложенной модели вычисляются длины S-волн $\bar{\pi} N$ -рассеяния, а также вклад низшего порядка теории возмущений в электромагнитную разность масс протона и нейтрона.

Полученные значения длин^{/14/}

$$a_1 - a_3 = 0.290$$

$$a_1 + 2a_3 = -0.037$$

находятся в хорошем согласии с данными эксперимента, а разность масс протона и нейтрона

$$\delta M = M_p - M_n = -0.455 \text{ Мэв}$$

совпадает по знаку и порядку величины с экспериментальным значением

$$\delta M = -1.293 \text{ Мэв.}$$

В четвертой главе показано, как модифицируется предложенный автором метод при анализе модели $\bar{\pi}\bar{\pi}$ -взаимодействий. На примере

этой модели особенно отчетливо проявляются преимущества процедуры суммирования Редмонда-Боголюбова-Логунова-Ширкова, связанные с тем, что процедура может служить как для регуляризации вкладов отдельных диаграмм, так и для частичного выхода за рамки обычной теории возмущений.

В § 3 проводится фазовый анализ амплитуды $\bar{\pi}\bar{\pi}$ -рассеяния, а в § 4 вычислены значения зарядового радиуса и электромагнитного формфактора пиона в области передач $-0.2 < t < 1.0 \text{ Гэв}^2$. Полученные результаты хорошо согласуются с данными экспериментов. Заметим также, что для передач $-0.2 < t < 0.5 \text{ Гэв}^2$ предсказания нашей модели для электромагнитного формфактора пиона практически совпадают со значениями, полученными в работе^{/15/} с помощью дисперсионных соотношений.

В заключении кратко обсуждаются полученные в диссертации результаты.

Результаты диссертации докладывались на III Международном совещании по нелокальным теориям поля, на семинарах ЛТФ ОИЯИ, ФИАН СССР, СГУ и опубликованы в работах^{/4, 5, 6, 9, 13/}.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. S.Weinberg. Phys. Rev. Lett., 19, 1264 (1967).
2. Г.В.Ефимов, Ш.З.Сельцер. Annals of Physics, N.Y., 67, 124 (1971)
3. В.А.Алебастров, Г.В.Ефимов, Ш.З.Сельцер,
Annals of Physics, N.Y., 76, 251 (1973);
4. G.V.Efimov, V.G.Malyshkin, O.A.Mogilevsky, Kh. Namsray and
A.Yu.Yumatov. Nucl. Phys. B59, 1 (1973).
5. К.Зибольд, В.Г.Мельшкин. Nucl. Phys. B67, 260 (1973).
6. В.Г.Мельшкин. ЯФ 19, 1071 (1974).
7. Д.Ю.Бардин, С.М.Биленький, Б.М.Понтекорво.
Phys. Lett., 32B, 121 (1970).
8. G.D.Cable, R.H.Hildebrand, C.Y.Pang.
Phys. Lett., 40B, 699 (1972).
9. К.Зибольд, В.Г.Мельшкин. Препринт ОИЯИ, P2-7455 (1973).
10. В.Г.Мельшкин. Сообщение ОИНИ, P2-8207 (1974).
11. F.J.Hasert et al. Phys. Lett., 46B, 121, (1973).
12. R.J.Redmond. Phys. Rev., 112, 1404 (1959).
Н.Н.Боголюбов, А.А.Логунов, Д.В.Ширков. ЖЭТФ 37, 805 (1959).
13. В.Г.Мельшкин. Препринт ОИИИ, P2-7879 (1974).
14. М.А.Ivanov, V.G.Malyshkin. JINR preprint, E2-8375 (1974).
15. S.Dubnička, V.A.Meshcheryakov, JINR preprint, E2-7982 (1974).

Рукопись поступила в издательский отдел
23 декабря 1974 года.